

学校编码: 10384

分类号\_\_\_\_\_密级\_\_\_\_\_

学号: X2010222028

UDC\_\_\_\_\_

厦门大学

硕士学位论文

# 基于 Arduino 的智慧农业监控系统研究与开发

Research and development of intelligent agriculture  
monitoring system based on Arduino

张昊月

指导教师: 孙海信 副教授

专业名称: 电子与通信工程

论文提交日期: 2016 年 月

论文答辩日期: 2016 年 月

学位授予日期: 2016 年 月

答辩委员会主席: \_\_\_\_\_

评 阅 人: \_\_\_\_\_

2016 年 4 月

## 厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为( )课题(组)的研究成果,获得( )课题(组)经费或实验室的资助,在( )实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

张美明

2016 年 4 月 10 日

## 厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（      ） 1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，  
于      年      月      日解密，解密后适用上述授权。

（      ） 2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

张美时

2016 年 4 月 10 日

厦门大学博硕士论文摘要库

## 摘 要

2050 年全球将增加约 9.6 亿的人口，届时各国的农业部门将面临巨大的粮食缺口。然而可用耕地面积在逐年减少，淡水的需求却在不断增加，还有其他不可预测的因素，例如气候变化的影响等等。面临这些棘手的问题，如何解决庞大人口的吃饭问题，如何解决减少对地球资源的无限制索取，如何提高投入与产出的比，农业的发展就显得非常的重要，纵然有许多方法和策略，但是“智慧农业”是其中必不可少的环节，尽最大可能去提高农产品的质量与数量的方法之一就是“智慧农业”，让农业更智能、更有连接性，让资源消耗最小化、最有效，对它的研究具有巨大的经济效益和社会效益。

论文首先介绍了本研究项目的研究背景和研究意义，然后介绍和引入了开源硬件和智慧农业的研究现状其相关技术，对二者的发展、结构、技术要素和特点做了概述。之后在开源硬件 Arduino 的基础上研究和设计了智慧农业的远程监测和控制系统，使农户可以随时随地通过 Yeelink 智慧物联网系统的上位机或移动智能终端监测种植地的情况并对生产环境的因子做出适当的调整。最后设计了智慧农业的软硬件测试平台，对智慧农业监测系统的软硬件进行了全面的调试和测试，对测试试用情况做了相关的分析，对项目的研究做了总结和展望。

本项目的研究得到了厦门市汀富生态农业专业合作社的支持，目前系统在委托单位的农业大棚进行相关的测试和试运行，下一步将针对系统在试运行中所出现的问题进行进一步的完善和优化工作。目前的实验测试证明本智慧农业监测系统运行平稳、性能可靠，满足设计要求，具有很好的实用性和推广价值。

**关键字：**开源硬件；智慧农业；物联网；Arduino；Yeelink；

## Abstract

A large population shall be increased before the year 2050 , and a huge grain gap shall be faced to many country's agricultural sector. However, the available arable land is decreasing year by year, but the demand for fresh water is increasing so fast, and there are other unpredictable factors appearing, such as the impact of climate change and so on. One of the solution to answer the challenge is "Intelligent Agriculture". To solve these tricky problems and improve the granaries' quality and quantity of agricultural products is, let agriculture is more intelligent, more connectivity, great economic benefit and social benefit should be made.

The paper first introduces the research background and significance, and then describes and introduces the open source hardware and intelligent agriculture research status of its related technologies, and then to Arduino-based system design and development of remote monitoring and control system hardware and software, and the farmers can monitor the crops situation through the Yeelink or mobile intelligent terminal and make appropriate adjustments for the production environment at anytime and anywhere. Finally, the all system are debugged and tested, and the test case is analyzed, the research of the project is summarized and prospected.

The research was supported by TINGFU Co.,LTD, and the system is been testing in the fields of TINGFU Co.,LTD, it will be made a further improvement and optimization in the next step, The current tests demonstrated that the system running smooth and reliable, it has the good usability and promotional cost.

**Keywords:** Open Source Hardware; Intelligent Agriculture ; Things; Arduino; Yeelink;

# 目 录

第一章 绪论 .....	1
1.1 论文的研究意义.....	1
1.2 国内外发研究状.....	1
1.2.1 国外研究现状.....	2
1.2.2 国内研究现状.....	4
1.3 论文的研究内容.....	4
1.4 论文的结构安排.....	5
第二章 Arduino 与智慧农业 .....	6
2.1 Arduino 开源硬件 .....	6
2.1.1 开源系统.....	6
2.1.2 Arduino 发展过程 .....	9
2.1.3 Arduino 的特点 .....	10
2.2 智慧农业系统.....	11
2.2.1 智慧农业简介.....	11
2.2.2 智慧农业的发展现状.....	11
2.2.3 智慧农业的特征.....	13
2.2.4 智慧农业的结构.....	14
第三章 智慧农业终端硬件的设计与实现 .....	16
3.1 系统总体设计.....	16
3.1.1 系统总体设计要求.....	16
3.1.2 系统总体架构.....	17
3.1.3 系统主要实现功能.....	18
3.2 主控应用电路设计.....	18
3.2.1 ATMEGA2560 简介 .....	19
3.2.2 ATMEGA2560 的内部结构 .....	20
3.2.3 ATMEGA2560 的引脚 .....	21
3.2.4 ATMEGA2560 的电路设计 .....	22

3.3 通信应用电路设计.....	22
3.3.1 ESP8266 介绍.....	22
3.3.2 ESP8266 的内部结构.....	23
3.3.3 ESP8266 的引脚.....	23
3.3.4 ESP8266 的电路设计.....	24
3.4 智能传感器应用电路设计.....	25
3.4.1 SHAT10 温、湿度模块.....	25
3.4.2 光照度模块.....	26
3.4.3 水蒸气监测模块.....	27
3.4.4 土壤酸碱度模块.....	27
3.5 其它模块的电路设计.....	28
3.5.1 继电器集中控制模块.....	28
3.5.2 电源相关模块.....	29
3.6 PCB 的设计与优化.....	30
<b>第四章 智慧农业系统软件的设计与实现.....</b>	<b>33</b>
4.1 系统分析及软件体系结构.....	33
4.1.1 系统分析及模块组成.....	33
4.1.2 Arduino NUMBERE 平台.....	34
4.2 无线通信模块设计.....	34
4.2.1 ESP8266 wifi 模块初始化.....	35
4.2.2 数据传输设计.....	35
4.2.3 数据链路设计.....	38
4.3 智能传感器模块设计.....	42
4.3.1 温湿度数据采集方案设计.....	42
4.3.2 光照度数据采集方案设计.....	43
4.3.3 水蒸气数据采集方案设计.....	44
4.3.4 土壤酸碱度数据采集方案设计.....	45
4.4 智能终端的 APP 设计.....	46
4.4.1 APP 的设计分析.....	46
4.4.2 UI 的设计实现.....	47
<b>第五章 系统调试与测试.....</b>	<b>49</b>



5.1 调试平台的设计.....	49
5.1.1 系统软硬件平台的设计.....	49
5.1.2 农业平台的设计.....	52
5.2 测试分析.....	53
5.2.1 智能传感器的测试分析.....	53
5.2.2 其它模块的测试分析.....	55
5.3 结果分析.....	56
5.3.1 系统的经济性和有效性分析.....	56
5.3.2 系统整体性能分析.....	57
<b>第六章 总结与展望</b> .....	<b>59</b>
6.1 工作总结.....	59
6.2 研究展望.....	60
<b>参 考 文 献</b> .....	<b>61</b>
<b>致 谢</b> .....	<b>65</b>
<b>在读期间的研究成果</b> .....	<b>66</b>

# CONTENTS

1 Introduction.....	1
1.1 Purpose and significance of the research .....	1
1.2 Development of the intelligent agriculture .....	1
1.2.1 Abroad research situation .....	2
1.2.2 Domestic research situation .....	4
1.3 Contents of thesis .....	4
1.4 Arrangement of contents .....	5
2 Arduino and Intelligent agriculture.....	6
2.1 Arduino open source hardware .....	6
2.1.1 Open source system .....	6
2.1.2 Developing process of Arduino .....	9
2.1.3 Characteristics of Arduino .....	10
2.2 Intelligent agriculture system.....	11
2.2.1 Brief introduction of intelligent agriculture .....	11
2.2.2 Development status of intelligent agriculture .....	11
2.2.3 Characteristics of intelligent agriculture .....	13
2.2.4 Structure of intelligent agriculture .....	14
3 Hardware of the Intelligent agriculture .....	16
3.1 The analysis and overall of the hardware design .....	16
3.1.1 Overall design requirements .....	16
3.1.2 Overall structure.....	17
3.1.3 Main realization functions .....	18
3.2 MCU circuit design.....	18
3.2.1 Brief introduction of ATMEGA2560 .....	19
3.2.2 Internal structure of ATMEGA2560.....	20
3.2.3 Pins of ATMEGA2560 .....	21
3.2.4 Circuit design of ATMEGA2560.....	22

3.3 Communication circuit design .....	22
3.3.1 Introduction of ESP8266.....	22
3.3.2 Internal structure of ESP8266 .....	23
3.3.3 Pins of ESP8266 .....	23
3.3.4 Circuit design of ESP8266.....	24
3.4 Design of intelligent organ circuit .....	25
3.4.1 Circuit design of SHAT10 .....	25
3.4.2 Light illumination module .....	26
3.4.3 Steam module.....	27
3.4.4 Soil PH module .....	27
3.5 Circuit design of other modules.....	28
3.5.1 Circuit design of relay.....	28
3.5.2 Power module .....	29
3.6 Design and optimization of the PCB .....	30
4 Software of Intelligent agriculture.....	33
4.1 Analysis and overall sofeware design of the system.....	33
4.1.1 System module analysis.....	33
4.1.2 NUMBERE of Arduino .....	34
4.2 Design of wireless communication module.....	34
4.2.1 Initialization of ESP8266.....	35
4.2.2 Design of the datumtransmission.....	35
4.2.3 Design of the datumlink.....	38
4.3 Sofeware of the organs.....	42
4.3.1 Design of the casualerie and humnumberity.....	42
4.3.2 Design of the illumination .....	43
4.3.3 Design of the water vapor .....	44
4.3.4 Design of the soil pH .....	45
4.4 Design of the terminal APP.....	46
4.4.1 Design analysis of the APP.....	46
4.4.2 Design and implementation of the UI.....	47
5 Debugging of system .....	49

5.1 Debug platform .....	49
5.1.1 Hardware and software platform .....	49
5.1.2 Agricultural platform .....	52
5.2 Test and analysis .....	53
5.2.1 Tests and analysis of intelligent organs .....	53
5.2.2 Tests analysis of other modules .....	55
5.3 Analysis of results .....	56
5.3.1 Analysis of the economy and effectiveness .....	56
5.3.2 Overall performance analysis .....	57
6 Summary and Prospect .....	59
6.1 Work summary .....	59
6.2 Prospect of the research .....	60
References.....	61
Thanks.....	65
Research results.....	66

## 第一章 绪论

农业是一个国家国民经济的基础，是稳定社会的重要因素，加快农业发展，提高农产品的产量和质量，保障农业安全，对国家的繁荣富强具有举足轻重的意义。

### 1.1 论文的研究意义

世界粮农组织预测，到 2050 年全球将增加约 9.6 亿的人口，届时各国的农业部门将面临巨大的粮食缺口。然而我们的可用耕地面积在逐年减少，土地的肥力却在不断的降低，对淡水的需求在不断增加，水污染的面积却在不停的扩大，还有其他不可预测的因素，例如气候变化的影响等等。要解决这些危机，就要去尽可能的提高农产品的质量与数量，减小消耗，方法之一就是发展“智慧农业”，科学管理整个农业生产链条，让农业生产方式更加透明化、智能化和信息化。

目前我国的农业生产仍旧以传统农耕生产模式为主，不仅浪费了大量的劳动力资源、财政资源和物质资源，而且也不利于农业可持续性发展。随着物联网等高新技术的发展，智慧农业将成为现代农业未来发展的大趋势。将现代工业控制技术、无线通讯技术及物联网技术等应用于农业生产的每个环节中，从而改进农业生产和管理的模式，提高农业生产效率。

智慧农业是以高效率利用现有的农业资源，最大可能减少农业消耗和农户成本、避免农村生产生态环境被破坏以及实现农村生态的全系统优化为导向，以农业生产全产业链条、整个系统产业、整个生产过程智能化的泛在化为特点，以全方位感知、可靠数据链、整体可控和智能化处理等现代物联网技术为技术支持和方法，实现生产过程自动化、节点控制最优化、管理智能化、物流系统化和交易电子化为主要方式的高产、优质、效率高、能耗低、安全和生态的现代农村经济生产方式与形态。

### 1.2 国内外研究现状

目前国内的农业水平大部分还停留在传统农业的阶段,而且由于我国幅员辽阔,不同地区之间,农业水平的程度差异很大,但随着近 10 年来国家对三农的重视和投入,国内的科研机构 and 农业公司也开始开展对智慧农业的研究,并在部分地区开始进行了智慧农业的试点,而发达国家早在 2000 年左右就开始对智慧农业的研究,条件好的地方已经全面铺开了智慧农业的建设,并取得了不错的成果,在这方面,他们的研究比较超前,技术储备也更为雄厚,生产经验十分丰富,在信息技术应用方面值得我们借鉴。

### 1.2.1 国外研究现状

美国的孟山都公司 (Monsanto Company) 早在 2001 年就开始了智慧农业的研究,通过使用互联网让农场管理更加方便和便捷,农户可以通过上位机、手机或者 iPad,随时随地掌握农场的土壤状况、植物长势、灌溉施肥、生产记录、病虫害情况,并且可以根据过程数据信息预测收成、预估盈利和管理库存。在农产品的销售方面,慢慢培养了农户和消费者无中间环节对接的方式,构建一个连接农民和消费者的直接交易平台<sup>[1]</sup>。

德国著名农业机械生产制造厂商科乐收集团 (CLAAS) 与本国的通讯供应商展开合作,共同打造和研究高技术的“数字农业”。借助“工业 4.0”技术实现农业生产、管理和收割过程的全面自动化,在农业生产过程中,大量利用智能传感器技术采集海量数据,使用现代先进的互通互联网络作为数据传输途径,采用云技术来保障所传输的信息的安全性,还利用海量的大数据做系统的数据统计和数据解析<sup>[2]</sup>,指导生产过程。德国农业经济发展组织的多年数据表明,2015 年一个德国农业生产者可以提供 144 个人的粮食,是 1980 年能够提供粮食数量的 3 倍。而这远远不够,想要解决全球人口的粮食问题,每一个农业生产者至少需要提供 200 人的粮食。所以我们迫切需要发展高效、低能耗和可延续的生产技术和发展模式。科乐收的“数字农业”方法和理念与“工业 4.0”非常相似。通过智能传感器、云计算和大数据的应用,农田里的地理位置、土壤、温度、降水、天气等信息上传到服务器端,在云端上做进一步的统计和分析,之后将分析之后所做的决策和命令下达到农业生产的自动化生产工具上,自动进行相关农事活动。目前,科乐收的数字农业已经取得了非常不错的成果,但农业信息化建设现在亟待解决的一个棘手难题是在很多种植区,通讯网络没有十分发达,宽带覆盖率还不够高,

尤其是偏远的农村或是交通不便的山地；另外一个问题是数据的安全问题。现在，还有一部分农民不情愿将所拥有田地的相关信息提供给服务商，他们对新兴的农业生产管理方式还存在疑问，对网络安全的可靠性仍有所怀疑，这也是我们发展智慧农业亟需解决的问题。

澳大利亚：由政府牵头，通过搭建农业信息服务平台，研发各种方便农户使用的智能应用 APP，供农户免费下载使用。该平台包括信息监测系统、预测系统、农产品信息系统等，在平台上提供农产品的生产、销售、流通等全过程的信息，供农业部门和农户决策参考<sup>[3]</sup>。此外，还开发了覆盖率很高的定位系统，农户可以借助定位系统精耕细作，合理化布局作物种植，以及用于灌溉、灾害防治等方面。

在英国，英国政府组织了政府结构和科研机构共同开展智慧农业的研究和实施。英国商业创新和技能部、环境食品和农村事务部等学术机构与政府相关部门和技术企业、农业生产企业一起共建了“英国农业技术领导委员会”，组织实施英国国家层面的农业信息化战略的实施和推进。委员会吸收了英国国内农业技术、信息技术的顶尖研究机构和企业，包括英国全国农业植物学会、英国洛桑研究所、苏格兰农业学院、雷丁大学一大批科研机构，共同促进农业生产以及市场化的信息化和大数据的有机融合。为应对全世界范围内农产品市场竞争的加剧和全球生态环境的改变，全国的农业生产开始往“精准农业”提升，利用大量传感器、大数据分析和 GIS 数字地理系统，更加科学地从事养殖和种植活动<sup>[4]</sup>；农业生产者和种植者通过这个数字化、智能化和精准化的产、学、研平台提升了农业生产的效率和管理水平。

正如来自爱丁堡大学信息学院科的林·亚当姆斯所述，在众多的需要数字化和信息化的行业和产业中，最需要进行数字化改造的是传统的农业生产，最需要进行信息化运作的是农业产、运、销整个农业链条。海量的数据将为未来的农业生产和畜牧业生产提供精确指导，也是未来提升数量和质量的重要因素。数字化将是能否科学合理分配农业生产资料的关键。将来农业生产的核心管理是在生产、物流和销售过程中采集海量的过程信息，并进行数字化处理，然后将这些海量的数据进行融合、统计以及进行编码、转化，辅助农业生产中的决策，从而推动农业生产力的发展<sup>[5]</sup>。

### 1.2.2 国内研究现状

伴随着科学技术的不断发展,智能处理和控制技术在农业生产活动中的意义越来越重大,我国的农业已经开始由传统农业向农业机械化发展,机械化向智能化方向发展。一方面智慧农业的科研大规模的铺开,国内的科研机构 and 大部分高校已经开始重视智慧农业的研究工作,相继提出了各种智慧农业的建设模式和实施方案,虽然各种实施方案不尽相同,但也存在共识,那就是:智慧农业是物联网的一个应用分支,智慧农业和现代农业、传统农业存在着显著的区别,它是农业生产与管理中的高级阶段,它汇集了海量智能传感器节点、互联网、全球定位技术、射频技术、云计算、云存储以及未来新兴物联网技术为一体<sup>[6]</sup>,智慧农业可以高效、快捷的实现农户对农作物生长环境或者农业生产产品的全方位监测、智能化管理与控制,实现整个农业产业链的生产、销售、消费的全面对接,对建设现代化、高水平智慧农业全平台有着重要意义。

随着高校和科研单位对智慧农业的研究,智慧农业也已经从研究阶段慢慢进入实施过程。在东南沿海经济发达和稍微发达的地区,地方政府已经开始着手对传统农业进行改造,开始部署下一步智慧农业的基础设施,比如通过多种智能传感器,通讯设施和传输设备的使用,将农业种植现场的各种信息以简单明了的方式呈现在农业从业人员的眼前,实现了农户和农业生产环境的无缝对接。同时通过智慧农业的监控系统和手机客户端实现自然灾害监测及预警,将来还将部署农产品加工的数字化、可视化物流运输和可追溯管理等等。

应该看到,现阶段对智慧农业的研究还处于边探究、边试验的阶段,而且试验实施的区域也非常有限,中国的 97.2%的农业生产活动还处于传统农业的生产模式,智慧农业在中国还有着非常大的市场和潜力<sup>[7]</sup>。

### 1.3 论文的研究内容

本研究拟研发和设计一个智慧农业的监测和控制终端,通过布设于农田、大棚、林地和温室等农业区域的多类型、多层次的信息采集终端,根据需要采集光照度、温度、水蒸气、湿度以及土壤水分、酸碱度等数据并汇总到后台的中央处理系统。智慧农业从业者可通过局域网或互联网获取监测数据,并对生产环境的因子进行运算和处理,然后根据农业生产的需要,科学合理的调配农业生产资料,



Degree papers are in the “[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)”.

Fulltexts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to [etd@xmu.edu.cn](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.